

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken – komplettering juli 2016

Kompletteringsyttrande

Bilaga SFR-U K:1

Frågor och svar per remissinstans

Bilaga SFR-U K:4

Motiv till försvarsdjup

Bilaga SFR-U K:5

Motivering av vald utformning för 2-5BLA

Bilaga SFR-U K:6

Redovisning av alternativa utformningar av bergssal för medelaktivt avfall, 2BMA

Bilaga SFR-U K:7

Alternativa utformningar av bergssal för reaktortankar - konsekvensanalys

Bilaga SFR-U K:8

Avgränsning till 200 m djup vid lokalisering

Bilaga SFR-U K:9

Jämförelse mellan sökt placering och en alternativ placering i den tektoniska linsen i Forsmark

Bilaga SFR-U K:10

Malmpotential

Toppdokument

Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken för utbyggnad och fortsatt drift av SFR

Befintliga tillstånd och villkor för SFR

Sakägarförteckning

Karta över influensområdet och fixpunkter

Befintligt länshållningssystem

Bilaga Begrepp och definitioner

Begrepp och definitioner för ansökan om utbyggnad och fortsatt drift av SFR

Bilaga SFR-U K:2

Konsekvensbedömning för vattenmiljöer vid utbyggnad av SFR

Bilaga MKB PSU

Miljökonsekvensbeskrivning för utbyggnad och fortsatt drift av SFR

Samrådsredogörelse

Konsekvensbedömning av vattenmiljöer vid utbyggnad av SFR **Ersatt av K:2**

Naturmiljöutredning inför utbyggnad av SFR, Forsmark, Östhammar kommun

Bilaga BAT

Utbyggnad av SFR ur ett BAT-perspektiv

Bilaga SFR-U K:3

Marin inventering av vegetation och fauna på havsbottenarna vid SFR, Forsmark 2012.

Bilaga TB PSU

Teknisk beskrivning av SFR - Befintlig anläggning och planerad utbyggnad

Bilaga SFR-U K:11

Redovisning av alternativ för mellanlagring av långlivat låg- och medelaktivt avfall

Bilaga KPM PSU

Förslag till kontrollprogram för yttre miljö vid utbyggnad och fortsatt drift av SFR

Bilaga SR PSU

Redovisning av säkerhet efter förslutning för SFR
Huvudrapport för säkerhetsanalysen SR-PSU



DokumentID
1537311, (1.0 Godkänt)
Reg nr

Sekretess
Öppen
Dokumenttyp
Promemoria (PM)

Sida
1(26)

Författare
2016-03-24 David Persson

Kvalitetssäkring
2016-06-20 Sarah Lundqvist (Kvalitetsgranskning)
2016-06-21 Peter Larsson (Godkänd)

Kommentar
Granskning har skett enligt granskningsprotokoll SKBdoc 1548801

Alternativa utformningar av bergssal för reaktortankar - konsekvensanalys

Sammanfattning

SKB har ansökt om att få uppföra en ny nedfartstunnel för att möjliggöra slutförvaring av hela kokvattenreaktortankar (BWR) i den utbyggda SFR anläggningen. Anledningen till detta är att det sammantaget är den bästa ekonomiska lösningen samt att kollektivdosen vid hanteringen bedöms bli lägre än vid segmentering.

Syftet med detta dokument är att samlat beskriva konsekvenserna av att hantera hela respektive segmenterade reaktortankar med hänsyn taget till strålsäkerhet vid avveckling och drift samt efter förslutning. Hänsyn tas även till andra relevanta faktorer såsom kostnader, tidsaspekter, behov av berguttag vid förvaret, transporter samt andra frågor kopplade till hushållning med natur- och energiresurser.

Lägst kollektivdos erhålls vid heltanksalternativet. Vid segmentering hanteras tanken under längre tid i anläggning vilket gör att dosen bedöms öka till ungefär det dubbla. Vid extern segmentering erhålls dos från båda hanteringsstegen och den sammanlagda kollektivdosen för detta fall blir därför högst.

För säkerheten efter förslutning är skillnaden mellan alternativen med hel respektive segmenterad reaktortank marginell. Barriärsystemet för de olika alternativen utformas enligt liknande principer och endast en viss försämring kan förväntas med segmenteringen på grund av den ökade korrosionsytan. Överlag är bidraget till den totala radiologiska risken från bergssalen för reaktortankar (BRT) litet. Riskkriteriet 10^{-6} enligt SSMFS2008:37§5 uppfylls i båda fallen.

Vid segmentering minskar klimatpåverkan, uttryckt i koldioxidekvivalenter ($\text{CO}_{2\text{ekv}}$), främst på grund av att det totalt sett åtgår en mindre mängd betong än vid deponering av hel reaktortank. I beräkningen av klimatpåverkan ingår påverkan från bergarbetena.

Användningen av stål ökar vid segmentering pga ett ökat behov av kokiller vilket tillsammans med fler transporter ger en ökad energiförbrukning.

Vid segmentering uppstår eventuellt en möjlighet att delar av reaktortanken kan packas i containrar och läggas i förvaret för lågaktivt avfall (BLA). Det råder dock osäkerhet om hur stor den lågaktiva andelen är och därmed vilken effekt som en uppdelning kan ge. Detta gäller särskilt de tankar som ska hanteras kort efter avställning vilket gäller samtliga utom reaktorerna i Barsebäck. Sammantaget bedöms återvinning av en andel av stålet i reaktortankarna ha en begränsad effekt.

Påverkan på naturvärdena är stor lokalt på Stora Asphällan där tunnelpåslaget sker men mycket begränsad i ett regionalt perspektiv. SKB har i tillståndsansökan föreslagit konsekvenslindrande åtgärder, t ex flytt av död ved och orkidéer. Vad avser bullerstörningar så bedöms förändringen ha liten påverkan på hur utbyggnaden upplevs. Maxnivåerna för uppkommet buller kommer inte att påverkas men vid segmentering minskar den mängd bergmassor som behöver transporteras bort.

SKB anser inte att upprymningen av en befintlig tunnel, och därmed den potentiella besparingen av bergmassor jämfört med en helt ny tunnel, kan motiveras utifrån perspektivet arbetsmiljörisker, förlängd genomförandetid och kostnader.

Alternativet hel reaktortank är den klart mest fördelaktiga ur ett kostnadsperspektiv och den sammanlagda kostnaden för de nio reaktortankarna bedöms vara i storleksordningen en miljard (SEK) lägre än vid segmentering vid kärnkraftverken, främst beroende på en effektivare rivningsprocess. Vid segmentering på en extern anläggning ändras inte genomförandetiden för nedmontering och rivning men å andra sidan uppstår kostnader för både utlyft och segmentering.

Det som talar för segmentering är framför allt att klimatpåverkan minskar. För naturmiljön bedömer SKB att det inte uppstår några betydande konsekvenser på en regional skala. Vid

Alternativa utformningar av bergssal för reaktortankar - konsekvensanalys

hantering av hel reaktortank så uppstår sammantaget stora kostnadsbesparingar och detta tillsammans med minskningen av kollektivdos gör att SKB anser att utformningen enligt ansökan med en ny reaktortankstransporttunnel för hela reaktortankar utgör en skälig avvägning mellan olika hänsyn.

Innehåll

1	Bakgrund	5
2	Syfte	5
3	Beskrivning av olika hanteringsalternativ	6
3.1	Heltank, upptag av ny nerfartstunnel	6
3.2	Heltank, upprymning av befintlig tunnel	6
3.3	Segmenterad tank, på kärnkraftverken	7
3.4	Segmenterad tank vid extern anläggning	7
4	Påverkan på strålsäkerheten efter förslutning	8
4.1	Inledning	8
4.2	Analys	8
4.3	Slutsats	9
5	Miljöpåverkan - livscykelperspektiv	10
5.1	Inledning	10
5.2	Energiförbrukning	11
5.3	Stål- och betongförbrukning	11
5.4	Klimatpåverkan	13
5.5	Uppdelning i låg- och medelaktivt avfall	13
5.6	Återvinning	14
5.7	Slutsats	15
6	Miljöpåverkan - naturvärden och buller	16
6.1	Bakgrund	16
6.2	Påverkan	17
6.3	Slutsats	18
7	Påverkan på strålsäkerheten vid avveckling och drift	19
7.1	Inledning	19
7.2	Hantering	19
7.3	Slutsats	20
8	Kostnad	21
8.1	Inledning	21
8.2	Kostnader	21
8.3	Slutsats	22
9	Sammanställning	23

Bilaga 1: Utbyggt SFR

1 Bakgrund

SKB har tillsammans med kärnkraftverken låtit utreda konsekvenserna av att deponera kokvattenreaktortankar (BWR-tankar) hela i det utbyggda SFR respektive att segmentera dem innan transport och deponering. De olika alternativen beskrivs i Miljökonsekvensbeskrivning – Utbyggnad och fortsatt drift av SFR (MKB) (SKB 2014, avsnitt 11.3.2) samt i Utbyggnaden av SFR ur ett BAT-perspektiv (Segerstedt et al. 2014, avsnitt 6.3.5).

För att ta ner hela reaktortankar till avsett förvarsutrymme krävs en större tunnel än de befintliga. SKB har utrett alternativa möjligheter att bygga denna tunnel, bland annat genom att rymma upp befintlig byggtunnel, och har kommit fram till att en helt ny tunnel som startar vid Stora Asphällan är den bästa lösningen. Anläggningens utformning enligt ansökan beskrivs i Teknisk beskrivning av SFR – befintligt anläggning och planerad utbyggnad (Hellman och Winnerstam 2014).

Vid segmentering på kärnkraftverket så bedöms kostnaderna vara betydligt högre jämfört med heltanksalternativet. Detta beror bland annat på att tiden för rivningen förlängs och därmed ökar projektkostnaden som helhet. Som konsekvens av detta har även en översiktlig analys av konsekvensen av att genomföra segmenteringen externt genomförts. Resultatet visar att trots att detta alternativ skulle innebära att nedmontering och rivning av kärnkraftverken kan genomföras på samma tid som i heltanksalternativet så ökar kostnaderna på grund av den dubbla hanteringen.

För att väga in miljöaspekter så har tidigare en energianalys genomförts som beaktar hela kedjan från uttag alternativt segmentering samt deponering och förslutning för de olika alternativen. Energianalysen har nu kompletterats med en komparativ livscykelanalys (LCA) baserad på ISO 14040 (Olofsgård 2016).

En bedömning av konsekvenserna rörande säkerheten efter förslutning har genomförts för segmenteringsalternativet.

2 Syfte

Syftet med detta dokument är att samlat beskriva konsekvenserna i SFR av att hantera BWR-tankar hela respektive segmenterade med hänsyn taget till strålsäkerhet vid avveckling och drift samt efter förslutning. Hänsyn tas även till andra relevanta faktorer såsom kostnader, tidsaspekter, behov av berguttag vid förvaret, transporter samt andra frågor kopplade till hushållning med natur- och energiresurser.

3 Beskrivning av olika hanteringsalternativ

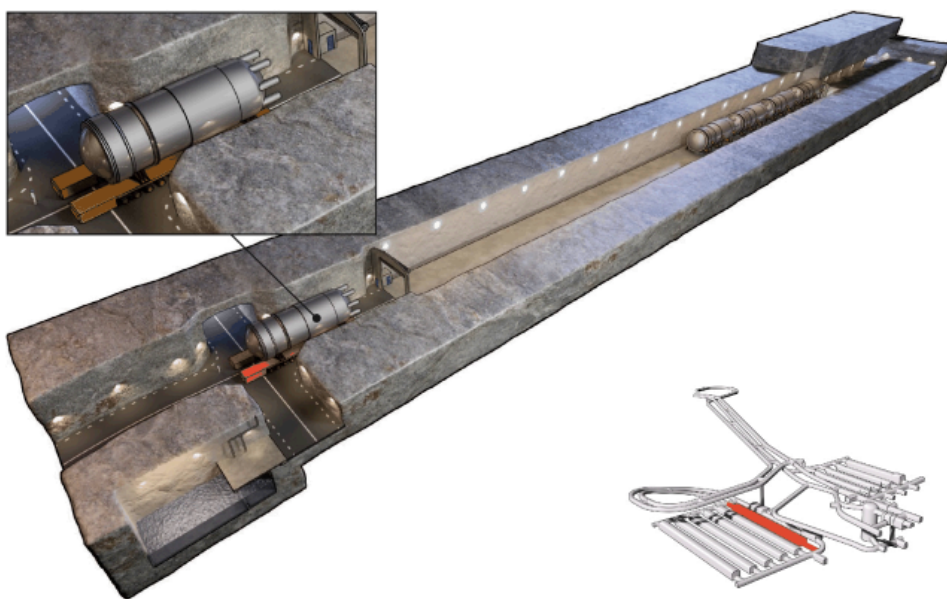
De två studerade huvudalternativen är omhändertagande av hel respektive segmenterad reaktortank. Till dessa finns studerade underalternativ rörande upptagning av ny nedfartstunnel respektive upptrymning av befintlig tunnel samt segmentering på kärnkraftverken respektive extern segmentering.

3.1 Heltank, upptag av ny nerfartstunnel

Reaktortankarna dekontamineras och tas ut hela och ställs upp på en transportvagg samt förbereds för transport och förvaring med förslutning av tankens olika öppningar samt vid behov montering av tillkommande strålskydd. Beroende på när nedmonteringen sker i förhållande till drifttagande av utbyggt SFR kan behov av mellanlagring av tankarna uppstå.

Detta scenario utgår ifrån att det tas upp en ny reaktortankstransporttunnel (RTT) som är dimensionerad för att transportera hela reaktortankar samt att en dedikerad bergssal för reaktortankarna (BRT) uppförs. Den extra volymen berg som reaktortankstransporttunneln upptar är ca 137 000 tfm³ (kubikmeter teoretiskt fast berg) vilket inkluderar nödvändig breddning av RTT ner till förvaringsdjup, dvs från 6GS ner till BRT, se bilaga 1.

Inför förslutningen av SFR kommer reaktortankarna att fyllas, igjutas med cementbaserat bruk samt kringgjutas med betong.



Figur 3.1 Bergssal för reaktortankar (1BRT).

3.2 Heltank, upptrymning av befintlig tunnel

Detta scenario utgår från att reaktortankarna tas ut hela men istället för att bygga en ny reaktortankstransporttunnel så förstoras en av de befintliga tunnlarna upp så att den medger nedtransport. I livscykelanalysen (Olofsgård 2016) analyseras fallet då upptrymningen genomförs i anslutning till förslutningen av SFR. Detta scenario kräver dock att

Alternativa utformningar av bergssal för reaktortankar - konsekvensanalys

reaktortankarna mellanlagras fram till dess, vilket lämpligen görs på SFR:s område i Forsmark då kraftverken är avvecklade sedan länge.

3.3 Segmenterad tank, på kärnkraftverken

Detta scenario utgår ifrån segmentering på kärnkraftverken och förpackning av de segmenterade delarna i fyrkokiller och eventuell mellanlagring tills utbyggt SFR är i drift. Fyrkokillerna kan transporteras ner i SFR genom befintlig tillfartstunnel och de bergmassor som tillhör reaktortankstransporttunneln utgår därför. Alternativet innebär även att markytan på Stora Asphällan för tunnelpåslaget inte behöver tas i anspråk.

3.4 Segmenterad tank vid extern anläggning

SKB har översiktligt studerat möjligheten att montera ner och transportera bort reaktortankarna hela, för att sedan segmentera dem i en extern anläggning innan slutförvaring i SFR. Efter segmentering packas avfallet och levereras till SFR på samma sätt som vid segmentering på kärnkraftverken. Detta alternativ skulle innebära att nedmontering och rivning av kärnkraftverken kan genomföras på samma tid som för heltanksalternativet. För att kunna genomföra extern segmentering behöver en anläggning byggas upp för att kunna ta emot och hantera reaktortankarna. Efter att de sista reaktorererna har segmenterats ska anläggning avvecklas, vilket innebär en ökad mängd sekundäravfall jämfört med segmentering på kärnkraftverken.

4 Påverkan på strålsäkerheten efter förslutning

4.1 Inledning

Påverkan på säkerheten efter förslutning har bedömts för scenariot då reaktortankarna segmenteras och reaktortankstransporttunneln tas bort.

I den förslutningsplan som ingår i ansökan antas att de hela reaktortankarna igjuts respektive kringgjuts med betong alternativt cementbaserat bruk.

I scenariot med segmenterade reaktortankar placeras delarna i fyrkokiller som fylls och igjuts med cementbaserat bruk. I förvarsutrymmet staplas kokillerna i en betongkonstruktion med hjälp av ett traverssystem i syfte att uppfylla driftsäkerhetskrav samt för att möjliggöra kringgjutning.

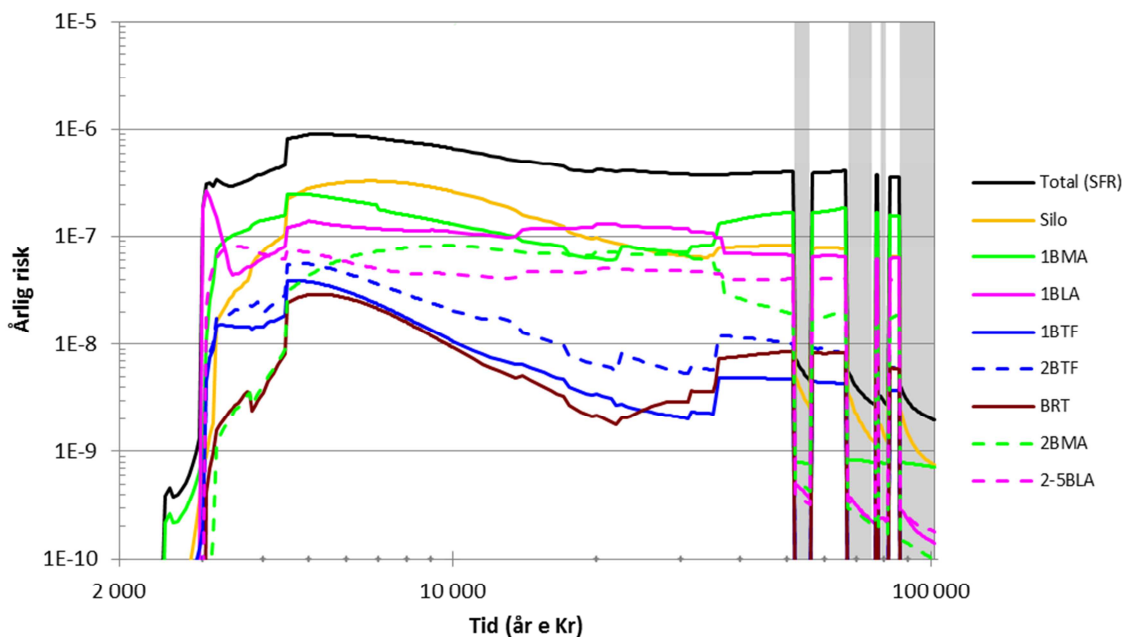
Utgångspunkten för analysen är att avfallet placeras i för avfallstypen avsett förvarsutrymme, bergssalen för reaktortankar (BRT).

4.2 Analys

Vattenflödena genom bergssalarna i det utbyggda SFR förväntas inte påverkas nämnvärt om RTT tas bort eftersom det redan finns två tunnlar parallellt med RTT, se bilaga 1. Det gör att de beräkningar som är gjorda i säkerhetsanalysen för säkerhet efter förslutning (SKB 2015) avseende vattenflöde i BRT med hela reaktortankar även är giltiga i fallet med segmenterade reaktortankar.

De egenskaper som säkerhetsanalysen tillgodoräknar sig för hela reaktortankar är att kringgjutningen bidrar till en pH-höjande miljö som hämmar korrosionen av reaktortankarna och därmed frisläppandet av inducerad aktivitet. Kringgjutningen bidrar också till ökad sorptionskapacitet. Igjutningen bidrar även den till att hämma korrosionshastigheten samt att förhindra frigörelse av lös kontamination som finns kvar efter dekontamination.

Alternativet där segmenterade reaktortankar placeras i fyrkokiller som igjuts och kringgjuts är med andra ord i princip samma fall som för hela reaktortankar. Skillnaden är att segmenteringen, ur ett säkerhetsanalysperspektiv, medför en något större korrosionsyta vilket innebär att frisläppandet av inducerad aktivitet ökar något.



Figur 4-1. Bidrag till total radiologisk risk från respektive förvarsutrymme. Vita områden representerar tempererade klimatförhållanden och grå områden periglaciala förhållanden med kontinuerlig permafrost. (SKB 2015, figur 10-8, modifierad med sammanslagning av 2-5BLA).

I figur 4-1 visas bidraget till den radiologiska risken från de olika förvarsutrymmena som funktion av tiden. Bidraget från BRT är litet och den marginella ökning av dosen som kan förväntas på grund av ökad korrosionsyta förväntas inte ha någon reell betydelse.

4.3 Slutsats

Alternativet då fyrkokillerna ställs in i BRT och kringgjuts, dvs motsvarande barriärsystem som planeras för heltankarna, bedöms ge en marginell ökning av dosen. Orsaken är att korrosionsytan ökar något vid segmentering. Då bidraget från BRT till den totala radiologiska risken är litet bedöms denna ökning inte vara av betydelse. Riskkriteriet 10^{-6} enligt SSMFS2008:35§5 uppfylls i båda fallen.

5 Miljöpåverkan - livscykelperspektiv

Avsnittet baseras på Miljöpåverkan från hantering av BWR-reaktortankar – en LCA analys (Olofsgård 2016).

5.1 Inledning

I tidigare analyser av miljökonsekvenserna för de olika alternativen har SKB fokuserat på energiåtgången då denna har setts som en viktig indikator för miljöpåverkan.

I en livscykel-analys (LCA) kompletteras tidigare utförda studier och omfattar förutom energiförbrukning även klimatpåverkan (CO_{2ekv}) samt resursförbrukning där stål och betong identifierats som de huvudsakliga resurserna. Förbrukning av stål och betong ses inte som en direkt miljöpåverkan men då de har en stor påverkan på energiförbrukning och klimatpåverkan tas de med för att öka förståelsen. Miljöbelastningen från bergarbetena ingår i kalkylerna i enlighet med etablerade metoder från bergarbete där trafikverkets klimatkalkyl har använts. I denna ingår användning av sprängämnen, transporter av bergmassor samt användning inklusive krossning av fyllnadsmassor vid förslutning.

Till stålförbrukningen hör konstruktioner såsom kokiller, strålskärmar och byggmateriel. Vid beräkning av effekter av eventuell återvinningen har det antagits att stålet från reaktortankarna kan sättas fritt på marknaden och således minska stålförbrukningen.

Analysen använder en väletablerad LCA-metodik, utifrån ISO standarden 14040, med syftet att kvantitativt jämföra valda scenarion (en komparativ LCA) utan att värdera dess möjligheter till genomförande.

För ökad överskådlighet har analysen delats in i tre huvudsteg; ”På site”, ”Transport och lagring” samt ”SFR”. Segmentering ingår i kategorin ”På site” samt i fallet extern segmentering. Igjutning räknas till ”på site” då avfallsbehållare fylls med betong för segmenteringsalternativet men till ”SFR” i fallet heltank då fyllning av betong sker på plats i förvaret, se tabell 5-1.

Resultatet redovisas i figurer under respektive avsnitt. En känslighetsanalys har gjorts för att visa hur de parametrarna med störst betydelse påverkar. Variationer av dessa visar svarta osäkerhetsintervall.

Tabell 5-1. Indelning av huvudsteg för LCA.

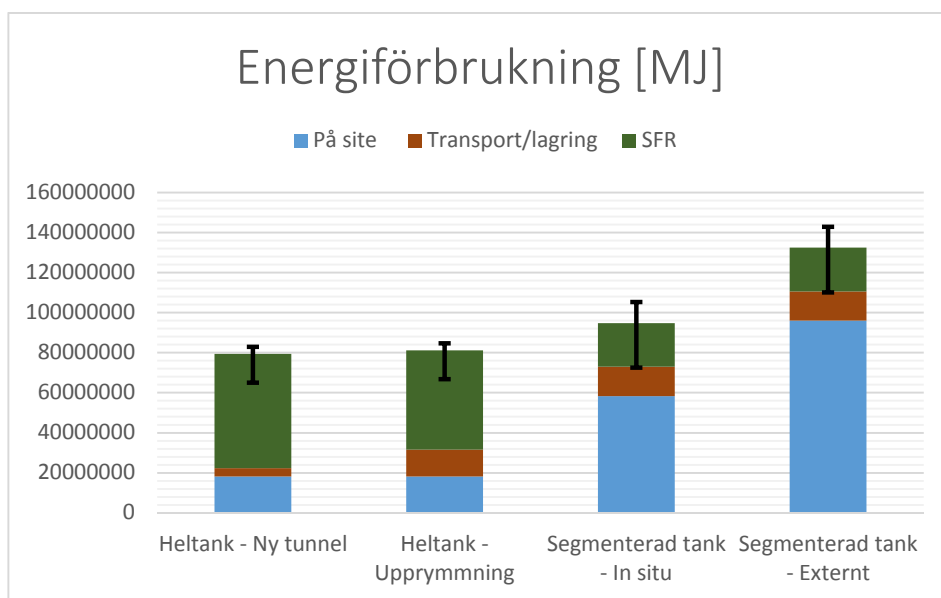
På site	Transport och lagring	SFR
<ul style="list-style-type: none"> • utlyft med kran • segmentering • igjutning av fyrkokiller • tillverkning av strålskärm • tillverkning av fyrkokiller • transport av kran 	<ul style="list-style-type: none"> • transport med terminalfordon • transporter med SPMT¹ • pråmtransport • transport med Sigrid • uppförande av mellanlager • drift av mellanlager • uppförande av segmenteringsanläggning 	<ul style="list-style-type: none"> • upptagning av bergssal • upptagning av ny tunnel • upptrymning av befintlig tunnel • igjutning heltank • kringgjutning • förslutning

¹ Self-Propelled Modular Transporter, månghjuligt transportfordon

5.2 Energiförbrukning

Energiförbrukningen för heltanksalternativen uppstår främst vid SFR då anläggningen ska förslutas varvid mer betong används för att kringgjuta reaktortankarna. För segmenteringsalternativen uppstår den huvudsakliga energiåtgången vid site, dit även extern segmentering har räknats, dels på grund av behovet av tillverkning av stål för kokiller och dels på grund av själva segmenteringsarbetet. Mest energikrävande är scenariot med extern segmentering då moment från både hanteringen av heltank och segmentering ingår, se figur 5-1.

För heltanksalternativen är det behovet av strålskärm (stålförbrukning) som har störst påverkan på osäkerheten i energiförbrukning. För segmentering på kärnkraftverken eller externt är det packningsgraden samt val av segmenteringsmetod som har störst påverkan på osäkerheten.

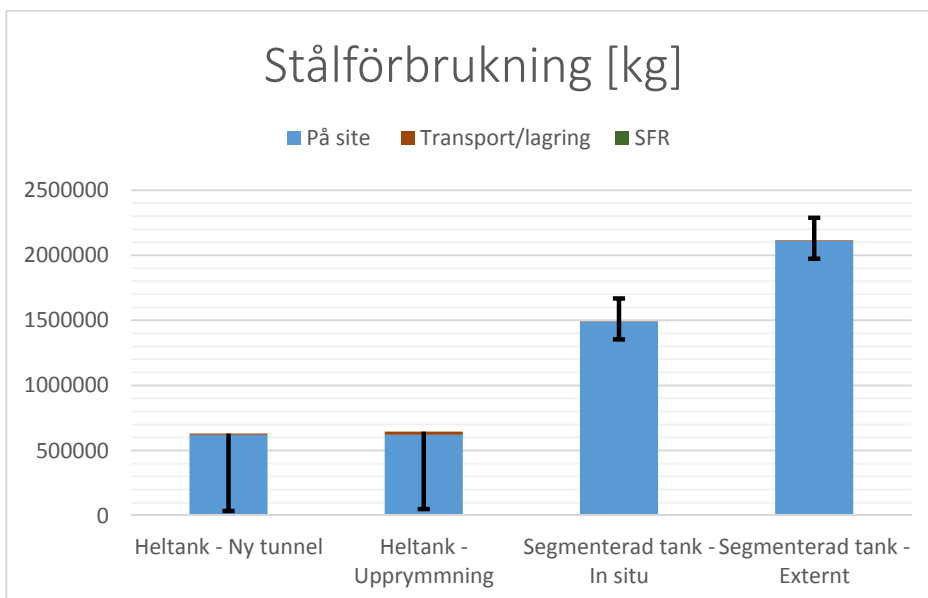


Figur 5-1. Energiförbrukning för studerade scenarier.

5.3 Stål- och betongförbrukning

I figur 5-2 enligt nedan redovisas stålförbrukningen för de olika scenarierna. I heltanksscenarioet är det strålskärmar av stål kring reaktortankens härdregion (ca 85 ton per styck) som driver stålförbrukningen. I denna analys har det antagits att samtliga reaktortankar utom de från Barsebäck behöver en strålskärm.

För heltanksalternativen är det behovet av strålskärm som har störst påverkan på osäkerheten i stålförbrukningen. För segmentering på kärnkraftverken eller externt är det packningsgraden och därmed behovet av fyrkokiller som har störst påverkan. Ingen eventuell återvinning av stål är medtagen.

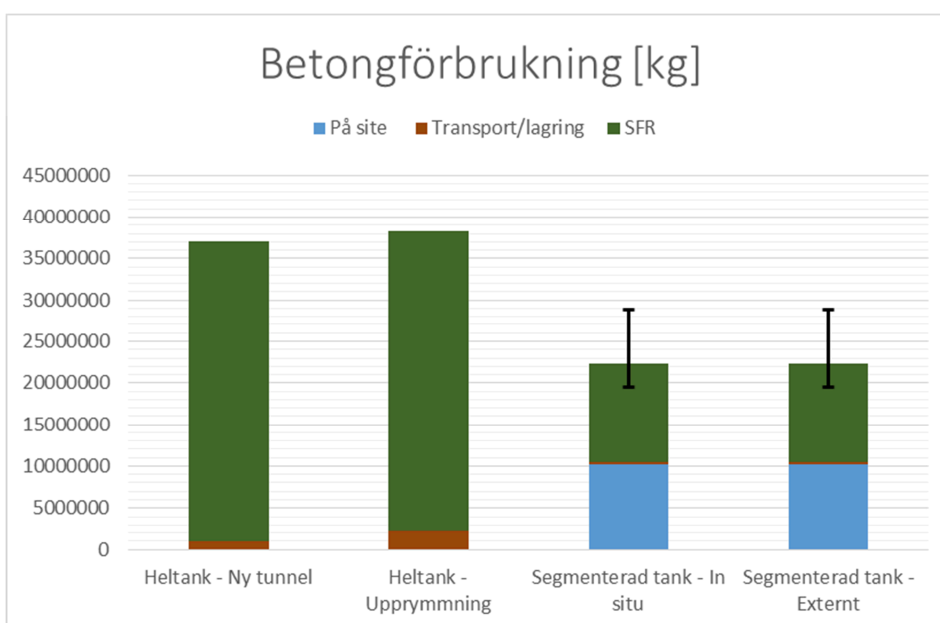


Figur 5-2. Stålförbrukning.

Det alternativ som ger minst betongförbrukning är segmenteringsalternativen, vilket visas i figur 5-3.

Osäkerheten kring betongförbrukningen i segmenteringsfallen rör främst packningsgraden för avfallet där en minskad packningsgrad ökar behovet av avfallsbehållare och förvarsutrymme i SFR. Detta leder till ökad användning av betong för upprättande av kassuner samt i- och kringgjutning av avfallsbehållare. Det omvända gäller också vid en ökad packningsgrad. Osäkerhetsintervallet visar effekten av ± 10 procent variation av packningsgraden där även stegeffekter avseende antalet kassuner finns med.

För heltanksalternativet antas i denna analys inga större osäkerheter rörande mängden betong för i- och kringgjutning av reaktortankarna då antal och dimensioner är givna.



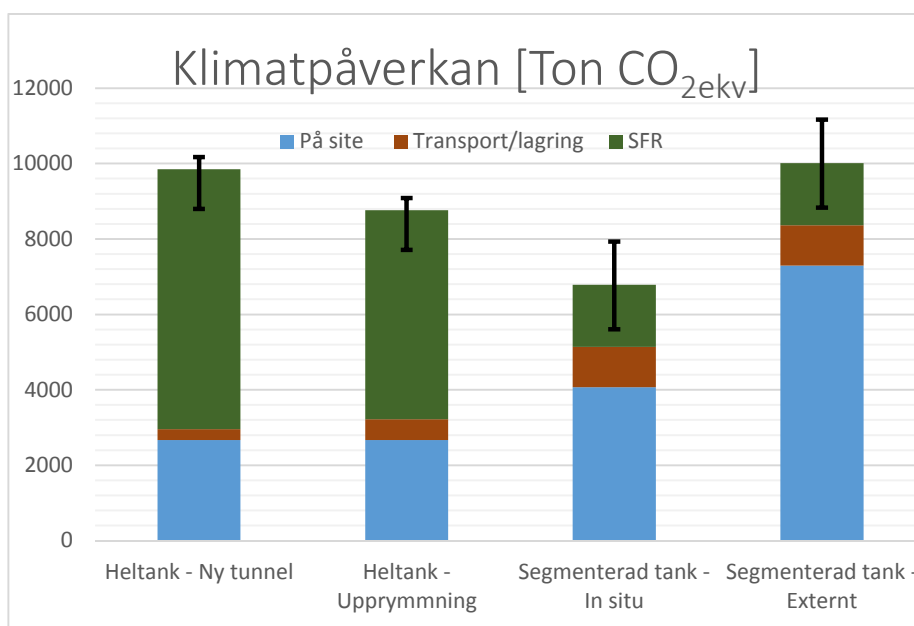
Figur 5-3. Betongförbrukning. Svarta staplar markerar osäkerhet.

5.4 Klimatpåverkan

Ur klimatsynpunkt ($\text{CO}_{2\text{ekv}}$) är segmentering på kärnkraftverken alternativet med lägst påverkan med ca 3 000 ton $\text{CO}_{2\text{ekv}}$ lägre påverkan än heltanksalternativet. Det största bidraget till den reducerade klimatpåverkan relativt heltanksalternativen kommer från en minskad användning av betong.

Den parametern med störst påverkan på osäkerheten för segmenteringsalternativen är en förändrad packningsgrad i fyrkokillerna. En minskad packningsgrad får genomslag i så gott som samtliga steg i processen. Minskad packningsgrad innebär tillverkning av fler fyrkokiller, transport av fler fyrkokiller, mer betong för igjutning och kringgjutning samt upptag och förslutning av större förvaringsutrymmen. En ökad packningsgrad påverkar på samma sätt fast med en reducerad belastning.

För heltankslösningen är den största osäkerheten förknippad med behovet av strålskärmar. Klimatpåverkan av de olika scenarierna redovisas i figur 5-4.

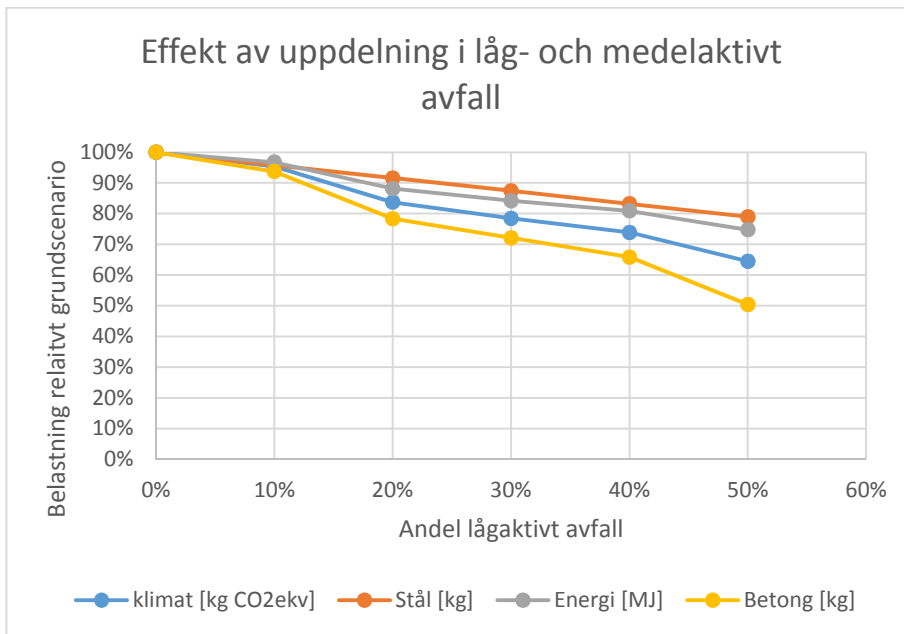


Figur 5-4. Klimatpåverkan för olika metoder att omhänderta reaktortankar.

5.5 Uppdelning i låg- och medelaktivt avfall

Vid fallet med segmentering uppstår eventuellt möjligheten att sortera reaktortankarna i låg- respektive medelaktivt avfall där det medelaktiva i huvudsak består av de centrala delarna nära härdområdet. I dagläget råder osäkerhet kring hur stor del av tankarna som kan klassas som lågaktivt och som strålsäkerhetsmässigt är lämpligt att förvara i BLA. Därför visas effekten som en kurvskara med olika andelar lågaktivt, se figur 5-5. Referens-scenariot (100%) är ”segmentering på kärnkraftverken”.

Det medelaktiva avfallet packas i fyrkokiller medan det lågaktiva BLA avfallet kan packas i ISO-containrar. Då ISO-containrarna placeras i BLA utan vare sig igjutning eller kringgjutning så minskar behovet av betong. Även mängden stål minskar vid övergången från fyrkokill till container. Detta ger att även energiförbrukning och klimatpåverkan sjunker.



Figur 5-5. Klimatpåverkan för olika metoder att omhänderta reaktortankar.

5.6 Återvinning

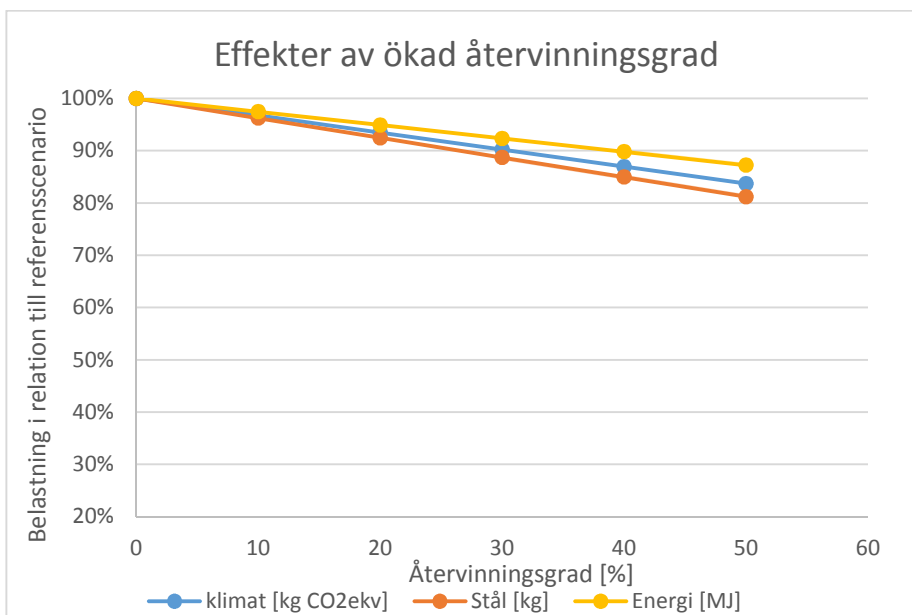
Vid segmentering finns även en potential att friklassa och återvinna delar av reaktortanken. Effekten av återvinning presenteras i figur 5-6. Figuren visar den relativa belastningen gentemot ett referensscenario. Referensscenariot i detta fall är "segmentering på kärnkraftverken" med antagandet att avfallet är 50 procent lågaktivt avfall och 50 procent medelaktivt avfall. Återvinning antas endast kunna ske av material från den lågaktiva delen av avfallet. Mängden medelaktivt avfall är således konstant vilket gör att även betongförbrukningen är konstant, denna redovisas därför inte i figur 5-6.

För att kunna friklassas behöver stålet smältas om i syfte att dels kunna avskilja radioaktiva föroreningar och dels för att homogenisera materialet, dvs fördela kvarvarande radioaktivitet jämt i götet.

Det finns stor osäkerhet kring hur stor andel av reaktorerna som kan vara aktuellt för friklassning. De bedömningar som har gjorts avser reaktorerna i Barsebäck och hur tillämpbara dessa bedömningar är på reaktorerna som har kortare tid mellan avställning och att tanken skall hanteras, vilket påverkar avklingningen av radionuklider, är inte klarställt.

En hypotetisk återvinning av 50 procent av stålet vid segmentering av en reaktortank bedöms medföra en minskning av energianvändningen med drygt 10 procent jämfört med segmentering och deponering utan återvinning. Segmenteringsalternativet är således även i det fallet sämre än heltanksalternativet ur energisynpunkt. Med samma återvinningsgrad minskar klimatpåverkan för segmenteringsalternativet, uttryckt i koldioxidekvivalenter ($\text{CO}_{2\text{ekv}}$), med cirka 15 procent och stålförbrukningen med knappt 20 procent, se figur 5-6.

Då kraftverken själva inte har kapacitet att smälta radioaktivt stål så behöver tillgängligheten till en sådan anläggning vägas in, detta gäller inte minst de kärnkraftsreaktorer som har en planerad drifttid på 60 år och stängs av runt år 2040.



Figur 5-6. Klimatpåverkan för olika metoder att omhänderta reaktortankar.

5.7 Slutsats

Vid segmentering minskar klimatpåverkan uttryckt i koldioxidekvivalenter (CO₂ekv), främst på grund av att det totalt sett åtgår en mindre mängd betong än vid deponering av heltank. Energiförbrukningen ökar på grund av ökad stålförbrukning vid tillverkning av avfallsbehållare för de segmenterade delarna men även på grund av ökade transporter.

Vid segmentering uppstår även en möjlighet att delar av reaktortanken kan packas i containrar och läggas i förvaret för lågaktivt avfall (BLA). Osäkerheten är dock stor om hur denna fördelning i praktiken ser ut och därmed vilken effekt som det kan ge. Detta gäller särskilt de tankar som ska hanteras kort efter avställning, dvs alla utom Barsebäck. Sammantaget bedöms friklassning och efterföljande återvinning ge en begränsad effekt.

6 Miljöpåverkan - naturvärden och buller

Avsnittet baseras på Miljökonsekvensbeskrivning – utbyggnad och fortsatt drift av SFR, (SKB 2014)

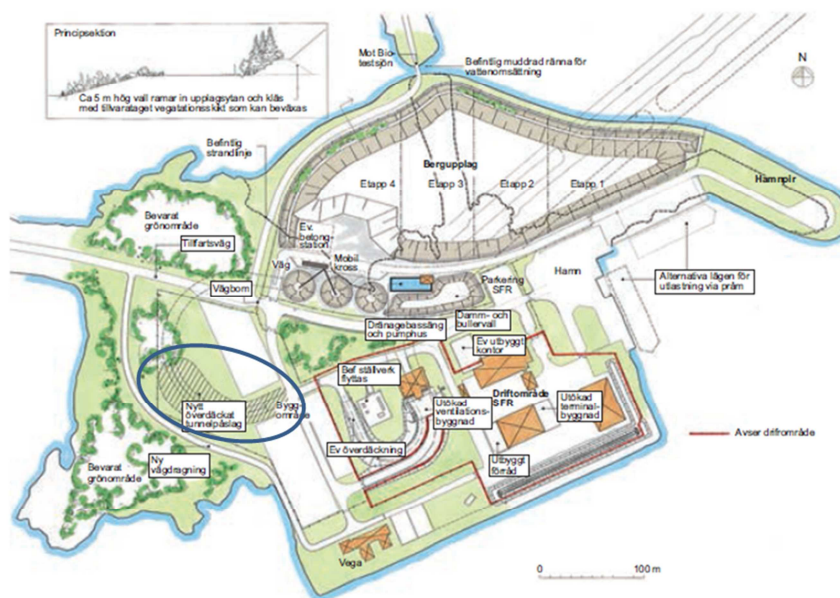
6.1 Bakgrund

Under byggskedet kommer cirka 17 000 kvadratmeter mark, i huvudsak skog, på västra Stora Asphällan att tas i anspråk för det utökade driftområdet med tillhörande etableringsområde, vilket ska inrymma tillfälliga byggnader, kontor, parkering med mera. Skogen kommer att avverkas och marken planas ut och hårdgöras. Ett jordschakt görs där förskärning och täta konstruktioner för den nya tunneln ska anläggas, se figur 6-1. Jordmassorna läggs på för ändamålet avsett upplag intill tunnelpåslaget och kommer att återanvändas inom området.

Driftområdet kommer även att utökas ytterligare genom att ett område på norra Stora Asphällan fylls ut, se figur 6-1. Den utfyllda ytan upptar cirka 68 000 kvadratmeter, av vilka i dagsläget cirka 45 000 kvadratmeter utgörs av vatten. De bergmassor som tas ut vid sprängning för de nya bergssalarna kommer att läggas på ett tillfälligt bergupplag som placeras på denna yta.

Vägen ut till Biotestsjön kommer att läggas om i samband med utfyllnaden. En ny väg behöver också anläggas för persontransporter till SKB:s kontor på södra Stora Asphällan. Båda vägarna kommer att vara cirka sju meter breda.

I anslutning till befintlig nedfartstunnel kommer byggnader inrymmande verkstad, uppställningsyta för bergmaskiner och fordon, bränsleförråd, miljöstation samt kontor och manskapsbodrar att uppföras. Dessa kommer dock samtliga att ligga på i huvudsak redan ianspråktagen mark.



Figur 6-1. Skiss över driftområdet ovan jord under byggskedet. Blå cirkel markerar byggområde för tunnelpåslag RTT.

6.2 Påverkan

Grunden för ansökan och miljökonsekvensbeskrivningen är att reaktortankarna transporteras hela ned till ett särskilt iordningställt förvarsutrymme. Om reaktortankarna istället segmenteras behöver inte byggandet av reaktortankstransporttunneln (RTT) samt den nödvändiga breddningen av den nedre delen av RTT genomföras vilket minskar mängden uttaget berg vid utbyggnaden av SFR med totalt ca 140 000 tfm³, motsvarande ca 15-20 procent av den totala mängden för utbyggnaden. Behovet av det utökade driftområdet, vilket kräver en utfyllnad av viken, och anläggning av nya vägar kvarstår.

Naturmiljö

Den huvudsakliga påverkan av RTT ligger i anspråktagandet av mark på Stora Asphällan för tunnelpåslaget och den påverkan på naturmiljön som det ger upphov till. Störst konsekvenser uppstår för den naturskogsartade lövblandskogen där skyddade arter förekommer.

För att minska de konsekvenser för värdefulla naturmiljöer och skyddade arter som exploateringen medför har SKB med hjälp av naturmiljöexpertis tagit fram förslag till lämpliga naturvårdsåtgärder, till exempel att flytta död ved och orkidéer till intilliggande områden som inte kommer att påverkas av exploateringen. I och med att åtgärder vidtas mildras de negativa konsekvenserna (SKB 2014, avsnitt 8.6.2).

Genom den minskade mängden berg som behöver tas ut vid segmenteringsalternativet erhålls även en minskning av mängden sprängämnen. Det gör att totalmängden kväve i lak- och länshållningsvatten minskar i motsvarande grad som mängden berg minskar.

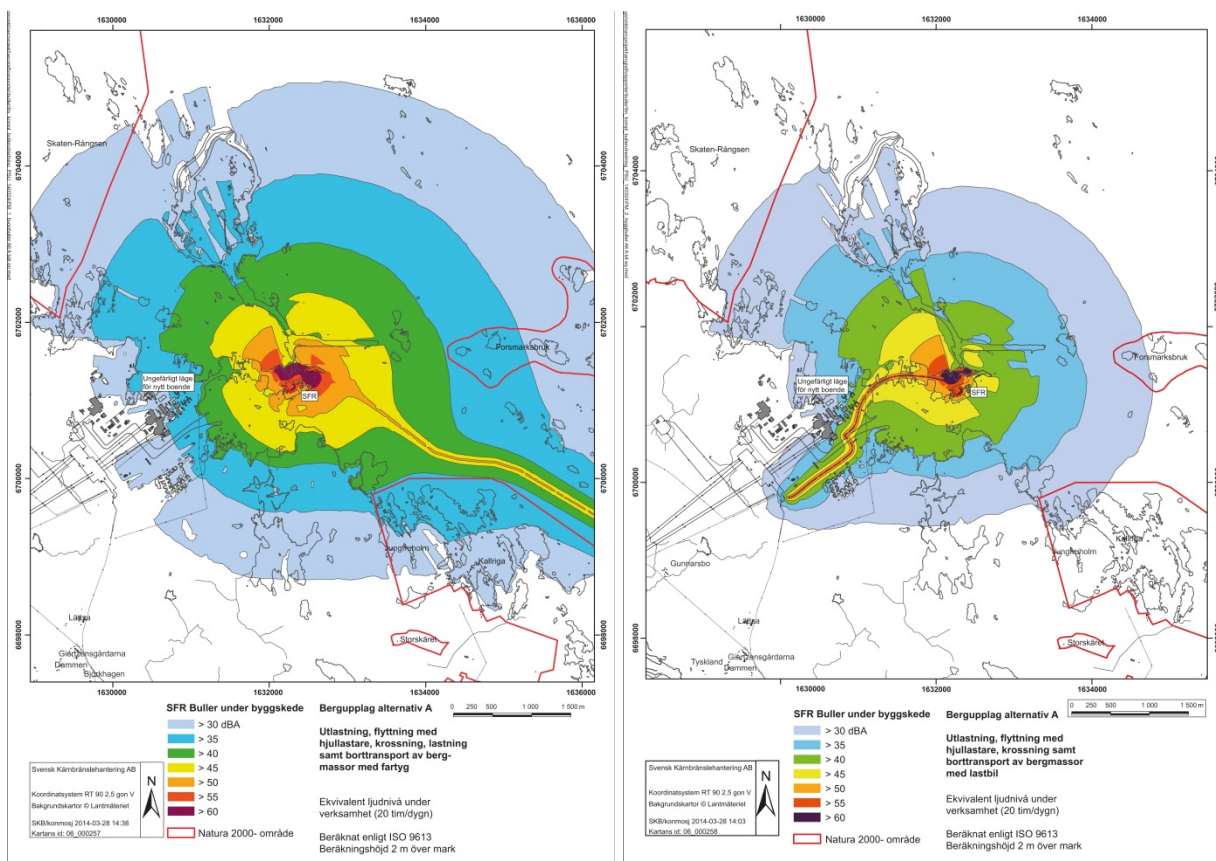
Buller och transporter

De minskade mängderna bergmassor som behöver tas ut i segmenteringsalternativet gör att antalet transporter kopplade till utforslandet av bergmassorna reduceras. De maximala bullernivåerna vid hanteringen påverkas inte men däremot kortas den tid som bortforsling behöver pågå.

I fallet då bergmassorna lagras vid den utfyllda viken samt forslas bort sjövägen så är effekten liten då bullerutbredningen är lokal runt SFR, se figur 6-2 .

I fallet då bortforsling sker med lastbil minskar inte nödvändigtvis antalet lastbilsrörelser per dygn under den period då transporter sker men då totalmängden berg som ska forslas bort är mindre kan tiden då det pågår reduceras. Under den mest trafikintensiva perioden under utbyggnaden bedöms det vara ca 400 lastbilsrörelser per dygn varav drygt 200 på grund av bortforsling av bergmassor. (SKB 2014, avsnitt 8.7)

Alternativa utformningar av bergssal för reaktortankar - konsekvensanalys



Figur 6-2. Bullerspridning från utbyggnad av SFR under byggskedet för två olika scenarier. Till vänster, beräknad bullerspridning vid transport av bergmassor med båt från Forsmarks hamn. Till höger, beräknad bullerspridning vid transport av bergmassor med lastbil. För mer information om bullerpåverkan från utbyggnad av SFR hänvisas till kapitel 8 i Miljökonsekvensbeskrivning (SKB, 2014). Inom bullerutbredningsområdet finns inga permanent boende.

6.3 Slutsats

Den miljöpåverkan (naturmiljö) som är alternativskiljande mellan segmenterade och hela reaktortankar kopplar främst till bortforslingen av bergmassor, om dessa förs bort med lastbil. Mängden berg inverkar även på klimatpåverkan, se kapitel 5.

Även om påverkan lokalt vid Stora Asphällan är stor så bedöms de negativa konsekvenserna för respektive naturtyp som högst bli små om man ser till påverkan ur ett regionalt perspektiv avseende ekologiska samband, samt berörda naturtypers förekomst utmed norra Upplandskusten som helhet. Detta eftersom naturvärdesobjekten som påverkas utgörs av relativt små arealer och har ett förhållandevis isolerat läge.

7 Påverkan på strålsäkerheten vid avveckling och drift

Avsnittet baseras på Jämförelse mellan alternativen hel respektive segmenterad reaktortank (Edelborg 2013).

7.1 Inledning

Tre viktiga principer för att minimera stråldos är minskning av tid, ökning av avstånd samt användning av strålskärm vid en radioaktiv källa. I tillämpade strålskyddsåtgärder vid demontage och utlyft samt vid transport, mellanlagring och slutförvaring förutsätts att dessa principer tas i beaktande. Arbetsmoment med hög dosrat ska planeras med fokus på att minimera dos till personal.

7.2 Hantering

Hanteringskedjan är uppdelad på följande sätt:

1. Utlyft av hel reaktortank/Segmentering av reaktortank

Bedömning av kollektivdos vid utlyft respektive vid segmentering baseras på en beräkning för Barsebäck 2 (B2) där jämförelser gjorts med en reaktortank från Würiggassens kärnkraftverk. Reaktortanken där uppvisar stora likheter med B2 gällande bland annat likvärdiga källtermer, geometrier och avställningstid från driftstopp. I segmenteringen ingår inte segmentering av interndelar utan endast reaktortanken.

För utlyft av hel reaktortank bedöms kollektivdosen bli ca 57 mmanSv, vilket ansätts vara lika för samtliga kärnkraftverk.

Vid segmentering bedöms kollektivdosen bli ca 132 mmanSv. Segmenteringen ger en större kollektivdos då arbetet sker i närheten av tanken under längre tid. Jämfört med kapning av interndelar som sker under vatten så kan kollektivdosen förväntas vara högre. För övriga svenska reaktortankar, utom Barsebäck 1 (B1), så blir kollektivdosen sannolikt högre då avklingningstiden inte är lika lång. I denna analys ansätts dock samma värde för samtliga kärnkraftverk

2. Transport från kärnkraftverk till båt

För transporten antas att reaktortankarna inte håller en högre ytdosrat än 2 mSv/h. Om nödvändigt utrustas reaktortankarna med extra strålskärm.

Kollektivdos för transport av hel reaktortank från kärnkraftverk till slutförvar finns beräknad i utgående från uppmätta doser från en transport av ånggeneratorer från Ringhals till Studsvik. Arbetsmomenten för hantering och transport av ånggenerator och reaktortank är likartade. Under transporten uppmättes en dos på 7 mmanSv, huvuddelen från förebredelserna.

Vid segmenterad tank hanteras kokillerna i en för avfallet lämplig transportbehållare, ATB, och dosen kan antas vara försumbar.

3. Sjötransport

Transport av hel- respektive segmenterad reaktortank kommer att ske med specialfartyg. Under sjötransporten kommer transportpersonal och avbytare inte att färdas på pråmen utan separat. Dosen till personal under själva sjötransporten kan därför antas bli försumbar.

4. Transport från båt till förvarsutrymme

För hel reaktortank bedöms dosen under denna del av transporten vara lägre än dosen från kärnkraftverk till hamn eftersom en del förberedande moment inte utförs under denna fas av transporten. En lägre kollektivdos än 7 mmanSv kan därmed antas. För segmenterad reaktortank är dosbidraget försumbart.

5. Förvarsskedet

Under förvarsskedet kommer den huvudsakliga dosen att uppstå vid igjutning och kringjutning inför förslutningen. Då förslutningen ska genomföras omkring år 2070, ca 30 år efter deponeringen av de sista reaktortankarna, så kommer aktiviteten att ha reducerats.

Exakt hur förslutningen ska genomföras är inte fastställt men kommer att behöva genomföras med beaktande av ALARA principen (As low as reasonably achievable) enligt för den tiden gällande kravbild. Bedömningen är att i- och kringgjutning kan utföras bakom tillfredsställande strålskärmar. Av dessa skäl tas inte förvarsskedet upp i nedan sammanställning.

7.3 Slutsats

Segmenteringen av reaktortankarna på kärnkraftverken innebär en högre dos till personal än om de transporteras bort hela eftersom reaktortankarna behöver hanteras under en längre tid. Beräknad dos till personal är dock i både heltanks- och segmenteringsalternativet relativt låg. I fallet med extern segmentering så adderas de båda hanteringskedjorna och kollektivdosen blir därefter, se tabell 7-1.

Tabell 7-1. Doser för olika moment vid demontage och segmentering av reaktortank [mmanSv]

	Hel reaktortank	Segmenterad reaktortank vid kärnkraftverk	Segmenterad reaktortank vid extern anläggning
Uttransport av reaktortank från reaktorbyggnad	57	132	189
Transport från kärnkraftverk till hamn	7	0	7
Sjötransport	0	0	0
Transport från SFR:s hamn till förvarsutrymme	<7	0	0
Totalt per reaktor	71	132	196
Totalt för nio reaktorer	639	1 188	1 764

8 Kostnad

Detta avsnitt baseras på Utredning av hantering av reaktortank – Tids- och kostnadsuppskattning (Haglund och Egeltun 2014) och Utredning av extern segmentering av reaktortank vid nedmontering och rivning av kärnkraft (De la Gardie och Calderon 2014).

8.1 Inledning

SKB har tillsammans med kraftverken bedömt konsekvensen av olika scenarier ur ett kostnadsperspektiv. Kostnaderna består grovt sett av tre huvuddelar; de direkta kostnaderna som uppstår vid kraftverken, kostnader för anpassning och förslutning av SFR samt indirekta tidsberoende kostnader vid genomförandet av nedmontering och rivning.

I fallet extern segmentering tillkommer kostnader för uppförande, avveckling och friklassning av en extern segmenteringsanläggning.

8.2 Kostnader

De direkta kostnaderna i heltanksalternativet härför sig till förberedelser för utlyft inklusive ombyggnader, genomförandet av lyftet samt transport inklusive strålskärmar. Till detta tillkommer kostnader för anpassning av SFR, dvs byggandet av reaktortankstransporttunneln (RTT) och bergssal för reaktortank (BRT). Tillkommande kostnader för heltanksalternativet vid förslutning är i- och kringgjutning av tankarna samt förslutning av RTT.

Vid segmenteringsalternativet (på kärnkraftverken) uppstår direkta kostnader pga konstruktion och etablering av utrustning, genomförande av segmenteringen, tillverkning av avfallsbehållare samt transport. Kostnaden för anpassning av SFR består i utökad kapacitet i bergssalen för medelaktivt avfall (2BMA) för att omhänderta fyrkokillerna.

De direkta kostnaderna, inklusive anpassning av SFR, bedöms vara 30–60 miljoner kronor högre per reaktor för segmenteringsalternativet beroende på storlek.

Nedmontering och rivning av reaktorbyggnaden med tillhörande system är beroende av att reaktortanken är borttagen. Hantering av reaktortanken i reaktorhallen ligger därmed på den kritiska linjen vid rivning av anläggningen och den ökade tid som segmentering på kärnkraftverken innebär medför således att rivningen av hela anläggningen förlängs med motsvarande tid.

För de olika anläggningarna bedöms tiden för segmenteringen uppgå till mellan 52 – 64 veckor beroende på reaktortankarnas storlek. Detta kan jämföras med en bedömd tid på kritisk linje för uttag av hel reaktortank till cirka 11 veckor oberoende av storlek. Skillnaden kan förklaras med att förberedelser samt avetablering på site i samband med demontering och utlyft av hel reaktortank främst sker utanför reaktorhallen, vilket inte påverkar den kritiska linjen.

Skillnaden i tid mellan de olika alternativen ger således en förlängning på ca 1 år för segmentering på kärnkraftverken vilket motsvarar en kostnadsökning på cirka 100 miljoner kronor per reaktor. De tidsberoende, indirekta, kostnaderna består bland annat av ökad driftkostnad för anläggningen, kostnad för drift- och projektpersonal samt försäkringskostnader.

SKB har även översiktligt studerat möjligheten att montera ner och transportera bort reaktortankarna hela, för att sedan segmentera dem i en extern anläggning innan slutförvaring i SFR. Anläggningen förutsätts vara gemensam för samtliga verk. Detta alternativ skulle innebära att nedmontering och rivning av kärnkraftverken kan genomföras på samma tid som i heltanksalternativet och därmed undviks extra indirekta kostnaderna. Kostnaden för detta

Alternativa utformningar av bergssal för reaktortankar - konsekvensanalys

alternativ blir summan av kostnaderna för heltanksalternativet utom tillhörande anpassning av SFR, kostnaden för genomförandet av segmentering samt kostnaden för uppförande, drift och avveckling av en separat segmenteringsanläggning. När det gäller den sistnämnda så är osäkerheterna stora och en kostnad på 100 MSEK har ansatts. Ansatsen är baserad på en jämförelse med bedömda kostnader för de mellanlager som behöver uppföras av kraftverken i avvaktan på att SFR driftsätts. I fallet med en segmenteringsanläggning tillkommer dock förutom mellanlagrens strålskydd och traverser även krav på ändamålsenlig ventilation, reningsanläggning för vatten, maskinpark samt inte minst en mer omfattande avvecklingshantering. Detta ger att den ansatta kostnaden rimligen är en underskattning av de verkliga kostnaderna.

Tabell 8-1. Sammanställning av kostnader för olika hanteringsalternativ.

	Hel reaktortank Ny tunnel	Segmenterad reaktortank vid kärnkraftverk	Segmenterad reaktortank vid extern anläggning
Tid på kritisk linje [veckor]	11	52-64	11
Direkta kostnader [MSEK]	1 030	1 500	630 ¹ 1 500
Indirekta kostnader [MSEK]	-	900	-
Extern segmenteringsanläggning [MSEK]			100
Totala kostnader (MSEK)	1 030	2 400	2 230

1) Kostnaden för hel reaktortank har minskats med kostnaderna för anpassning av SFR

Någon kostnadsberäkning för alternativet med upprymning har inte gjorts. Bedömningen är dock att den sammanlagda kostnaden för att bygga om fläktbyggnaden, rymma upp tunneln med dess komplexa förfarande samt den fördröjning som den förlängda projekttiden innebär med både SKB:s och entreprenörens organisation vida överstiger kostnaden för en ny reaktortankstransporttunnel (Karlsson och Persson 2016). Det faktum att upprymningen innehåller många okända moment såsom kvarsittande bergbultar, kvarliggande sprängämnen etc gör att det kontraktuellt kommer att ingå ett högt riskpåslag.

Om upprymningen genomförs inför förslutning kan man tänka sig ett enklare förfarande rörande ombyggnaden av ventilationsbyggnaden, då vissa installationer eventuellt kan ersättas med mer temporära lösningar. Å andra sidan krävs uppförande och drift av mellanlager för reaktortankarna långt efter att samtliga kärnkraftverk har avvecklats. I kostnadsberäkningen har denna summa antagits vara ca 65 MSEK.

8.3 Slutsats

Kostnadsökningen vid segmentering av reaktortankarna kan således uppgå till cirka 1 400 MSEK för de nio reaktortankarna jämfört med alternativet att hantera reaktortankarna hela, se tabell 8-1. Vid extern segmentering kan tiden på kritisk linje vara oförändrad men istället innebär alternativet kostnader för både utlyft och segmentering samt kostnader för en extern segmenteringsanläggning.

9 Sammanställning

Utformningsalternativens påverkan på strålsäkerheten efter förslutning är liten. Vattenflödena genom bergssalarna i utbyggd del av SFR förväntas inte påverkas nämnvärt om RTT tas bort eftersom det redan finns två tunnlar parallellt med RTT. Ett borttagande har därför vare sig en positiv eller negativ effekt på säkerheten efter förslutning.

Energiförbrukningen ökar vid segmentering med ca 15 TJ liksom stålförbrukningen som ökar med ca 840 ton. Betongförbrukningen minskar däremot med ca 14 700 ton. Detta leder sammantaget till att klimatpåverkan (CO_{2ekv}) minskar med ca 3 100 ton, se tabell 9-1.

Tabell 9-1. Sammanställning av faktorer i analysen.

	Hel reaktortank Ny tunnel (Referensfall)	Förändring		
		Hel reaktortank Upprymning av tunnel	Segmenterad reaktortank vid kärnkraftverk	Segmenterad reaktortank, vid externt anläggning
Säkerhet efter förslutning				
Dos från hela SFR (Global uppvärmning, mest utsatta gruppen) [µSv]	7,7	Ingen påverkan	Marginell påverkan	Marginell påverkan
LCC				
Energiförbrukning [GJ]	80 000	+1 800	+15 300	+53 000
Stålförbrukning [ton]	600	+14	+860	+1 500
Betongförbrukning [ton]	37 000	+1 200	-14 700	-14 700
Klimat [ton CO _{2ekv}]	9 800	-1 100	-3 100	+200
Naturvärden				
Naturmiljö (Lokalt/Regionalt)	Stor/Liten	Lägre ¹	Lägre ¹	Lägre ¹
Buller	Liten	Högre ²	Något lägre ³	Något lägre ³
Strålsäkerhet på kort sikt				
Kollektivdos [mmanSv]	639	Något högre ⁴	+549	+1 125
Kostnad				
Kostnader [MSEK]	1 030	++ ⁵	+1 370	+1 200

1) Lägre pga att påverkan på naturmiljön vid tunnelpåslaget försvinner.

2) Högre pga längre byggtid.

3) Något lägre pga av tiden för bortforsling av bergmassor minskar något.

4) Något ökad dos pga hanteringen i mellanlager.

5) Här anges inte någon specificerad kostnad. Bedömningen är dock att kostnaden för att rymma upp byggtunneln är betydligt större än att bygga en ny tunnel (Karlsson och Persson 2016).

Alternativa utformningar av bergssal för reaktortankar - konsekvensanalys

Påverkan på naturvärdena är stor lokalt på Stora Asphällan där tunnelpåslaget sker men mycket begränsad i ett regionalt perspektiv. Vad avser bullerstörningar så bedöms förändringen ha liten påverkan på hur utbyggnaden upplevs. De maximala bullernivåerna vid hanteringen påverkas inte men däremot kortas den tid som bortforsling behöver pågå då bergvolymerna är mindre.

Lägst kollektivdos erhålls vid heltanksalternativet (ca 640 mmanSv). Vid segmentering hanteras tanken under längre tid i anläggning och dosen ökar till ungefär det dubbla (ca 1 190 mmSv). Vid extern segmentering erhålls dos från båda hanteringsstegen och den sammanlagda kollektivdosen bedöms till ca 1 760 mmanSv.

Alternativet hel reaktortank är mest fördelaktigt ur ett kostnadsperspektiv och den sammanlagda kostnaden för de nio reaktortankarna bedöms vara ca 1 400 MSEK lägre än vid segmentering vid kärnkraftverken. Vid segmentering på en extern anläggning ändras inte genomförandetiden för nedmontering och rivning men å andra sidan uppstår kostnader för både utlyft och segmentering.

SKB anser inte att upprymningen av en befintlig tunnel, och därmed den potentiella besparingen av bergmassor jämfört med en helt ny tunnel, kan motiveras utifrån perspektivet arbetsmiljörisker, förlängd genomförandetid och kostnader (Karlsson och Persson 2016).

Det som talar för segmentering är framför allt att klimatpåverkan minskar. För naturmiljön anser SKB att det inte uppstår några betydande konsekvenser på en regional skala. Vid hantering av heltank så uppstår sammantaget stora kostnadsbesparingar och detta tillsammans med minskningen av kollektivdos gör att SKB anser att utformningen enligt ansökan med en ny reaktortankstransporttunnel för heltank utgör en skälig avvägning mellan olika hänsyn.

Referenser

De la Gardie F, Calderon M, 2014. Utredning av extern segmentering av reaktortank vid nedmontering och rivning av kärnkraftverk. SKBdoc 1432771 ver 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Edelborg M, 2013. Jämförelse mellan alternativen hel respektive segmenterad reaktortank. SKBdoc 1335231 ver 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Haglund J, Egeltun P, 2014. Utredning av hantering av reaktortank – Tids- och kostnadsuppskattning. SKBdoc 1410596 ver 2.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Hellman H, Winnerstam B, 2014. Teknisk beskrivning av SFR – Befintlig anläggning och planerad utbyggnad. SKBdoc 1341767 ver 2.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Karlsson D, Persson D, 2016. Konsekvenser vid upprymning av befintlig byggtunnel – SFR. SKBdoc 1540837 ver 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Olofsgård M, 2016. Miljöpåverkan från hantering av BWR reaktortankar – en LCA analys. ÅF-Industry AB. SKBdoc 1524819 ver 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Segerstedt H, Ahlbom K, Pettersson A, 2014. Utbyggnaden av SFR ur ett BAT-perspektiv. SKBdoc 1415420 ver 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2014. Miljökonsekvensbeskrivning. Utbyggnad och fortsatt drift av SFR. Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2015. Redovisning av säkerhet efter förslutning för SFR. Huvudrapport för säkerhetsanalysen SR-PSU. Svensk Kärnbränslehantering AB.

Alternativa utformningar av bergssal för reaktortankar - konsekvensanalys

Bilaga 1. Utbyggt SFR

